

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,  
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ**  
**ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к курсовой работе  
по дисциплине

**ЭЛЕМЕНТЫ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

*(для студентов 3 курса дневной и 4 курса заочной  
форм обучения по направлению подготовки  
6.050702 «Электромеханика» специальности  
«Электромеханические системы автоматизации и электропривод»)*

**Харьков  
ХНАГХ  
2012**

Методические указания к курсовой работе «Элементы автоматизированного электропривода» (для студентов 3 курса дневной и 4 курса заочной форм обучения по направлению подготовки 6.050702 «Электромеханика» специальности «Электромеханические системы автоматизации и электропривод») / Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва; состав.: В. Н. Фатеев. – Х.: ХНАГХ, 2012. – 19 с.

Составитель доц. В. Н. Фатеев

Рецензент доц. Н. И. Шпика

Рекомендовано кафедрой Электрического транспорта,  
протокол № 5 от 23.11.2010г.

## **ЦЕЛЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Курс «Элементы автоматизированного электропривода» занимает важное место в подготовке инженеров – электромехаников специальности 6.092203 – «Электромеханические системы автоматизации и электропривод», так как электропривод являясь основным потребителем электроэнергии в народном хозяйстве, обеспечивает механической энергией, подавляющее большинство технологических машин и механизмов и определяет выполнение требований к показателям режимов их работы. Курсовая работа по курсу «Элементы автоматизированного электропривода» должна дать студенту целостное представление о методике выбора принципа построения системы электропривода, научить применять полученные теоретические знания при практических расчетах параметров элементов системы и анализе автоматических систем управления электроприводом.

## **I. Содержание курсовой работы**

Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку объемом 30÷35 страниц и чертеж формата А3. Основная часть пояснительной записки должна содержать следующий материал:

1. Задание на курсовую работу.
2. Определение функциональной схемы системы стабилизации скорости.
3. Выбор элементов функциональной схемы системы стабилизации скорости двигателя и расчет их статических и динамических параметров.
  - 3.1. Тиристорный преобразователь.
  - 3.2. Сглаживающий реактор.
  - 3.3. Датчик скорости.
  - 3.4. Объект управления.
  - 3.5. Регулятор скорости.
  - 3.6. Корректирующее устройство.
4. Определение показателей качества системы стабилизации скорости.

На чертеже должна быть представлена функциональная схема электропривода, структурная схема скорректированной системы и результаты ее моделирования.

## **II. Методические указания по выполнению отдельных разделов курсовой работы**

### **1. Задание на курсовую работу**

В курсовой работе выбираются функциональная схема системы стабилизации скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения и входящие в ее состав элементы. В данном разделе пояснительной записки необходимо сформулировать основные задачи, которые следует решать при выполнении курсовой работы, а также, в соответствии с заданным вариантом, привести исходные данные для расчета (см. Приложение 1).

### **2. Определение функциональной схемы системы стабилизации скорости**

Системы стабилизации скорости применяют для приводов технологических машин, требующих особо точного поддержания заданного значения скорости, мощности или других параметров рабочего процесса. Они обеспечивают задания и автоматическую стабилизацию на заданном уровне регулируемого параметра в установившемся и переходном режимах, обусловленных влиянием на рабочий процесс возмущающих воздействий [1]. Среди большого разнообразия систем, основной функцией которых является поддержание постоянства регулируемой величины, наиболее характерны системы стабилизации скорости. Они выполняются с питанием двигателя (Д) от управляемого преобразователя (П). Поэтому их часто называют замкнутыми системами П-Д или системами П-Д с обратными связями [2]. В настоящее время наиболее широкое применение нашли системы «тиристорный преобразователь - двигатель» (ТП-Д), в которой якорь двигателя постоянного тока независимого возбуждения питается от управляемого преобразователя, и система «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (ПЧ-АД), где статорные обмотки асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором получают питание от управляемого преобразователя частоты. Обе системы

обеспечивают требуемые характеристики стабилизации скорости, поэтому окончательный выбор варианта осуществляется на основании технико-экономического расчета. В курсовой работе принимается к рассмотрению система ТП-Д.

Основным показателем работы системы стабилизации скорости в установившемся режиме служит точность поддержания постоянства заданной скорости при воздействии на систему различных возмущений и, в первую очередь, изменения момента статической нагрузки привода  $M_c$ .

Точность системы определяется величиной статического падения скорости  $\Delta\omega_c$  при изменении  $M_c$  от момента статической нагрузки холостого хода  $M_{схх}$  до  $M_c$ , равного номинальному моменту двигателя  $M_n$ . Процентное выражение  $\Delta\omega_c$  по отношению к скорости идеального холостого хода  $\omega_0$  называется статизмом  $S_x = (\omega_0 - \omega) / \omega_0 = (\Delta\omega_c / \omega_0) \cdot 100(\%)$ . Здесь  $\omega$  скорость двигателя при  $M_c = M_n$ .

При уменьшении напряжения на якоре механическая характеристика системы опускается вниз параллельным переносом. Поэтому величина  $\Delta\omega_c$  не изменяется, а статизм  $S_x$  увеличивается. Максимальное значение он будет иметь на нижней характеристике:  $S_{x \text{ макс}} = \Delta\omega_c / \omega_{0 \text{ мин}} = (\Delta\omega_c / \omega_{0 \text{ макс}}) \cdot D \cdot 100(\%)$ . Здесь  $\omega_{0 \text{ макс}}$ ,  $\omega_{0 \text{ мин}}$  — максимальная и минимальная скорости идеального холостого хода характеристик, соответствующих диапазону регулирования скорости  $D$ ;  $D = \omega_{0 \text{ макс}} / \omega_{0 \text{ мин}}$  — диапазон регулирования скорости.

Таким образом, заданную точность поддержания постоянства скорости необходимо обеспечивать на нижней характеристике системы. При увеличении диапазона регулирования скорости заданный статизм можно обеспечить только путем уменьшения  $\Delta\omega_c$ .

В зависимости от требований к точности стабилизации и диапазона регулирования скорости применяют различные обратные связи. В системе ТП-Д можно применить отрицательную обратную связь по напряжению преобразователя. Однако в такой системе даже при астатическом

законе регулирования напряжения величина  $\Delta\omega_c$  не может быть меньше соответствующей на естественной характеристике  $\Delta\omega_{ce}$ .

При сравнительно небольших диапазонах регулирования скорости система ТП-Д выполняется с отрицательной обратной связью по э.д.с. вращения, что позволяет косвенно контролировать скорость двигателя.

При необходимости стабилизации скорости с высокой точностью используют главную отрицательную обратную связь по скорости.

В курсовой работе выбираются элементы и рассчитываются показатели качества системы ТП-Д с главной отрицательной обратной связью по скорости двигателя. На рис. 1 приведена функциональная схема замкнутой системы ТП-Д. В ней требуемые показатели установившегося режима работы обеспечиваются с помощью выбора структуры и настроек регулятора скорости АВ, а качество регулирования – структурой и параметрами последовательного корректирующего устройства (КУ). В узел суммирования на входе АВ кроме сигнала задания скорости  $U_{zc}$  подается сигнал обратной связи по скорости  $U_{dc}$ , который снимается с выхода тахогенератора BR. Реактор LR ограничивает на требуемом уровне пульсации выпрямленного тока.

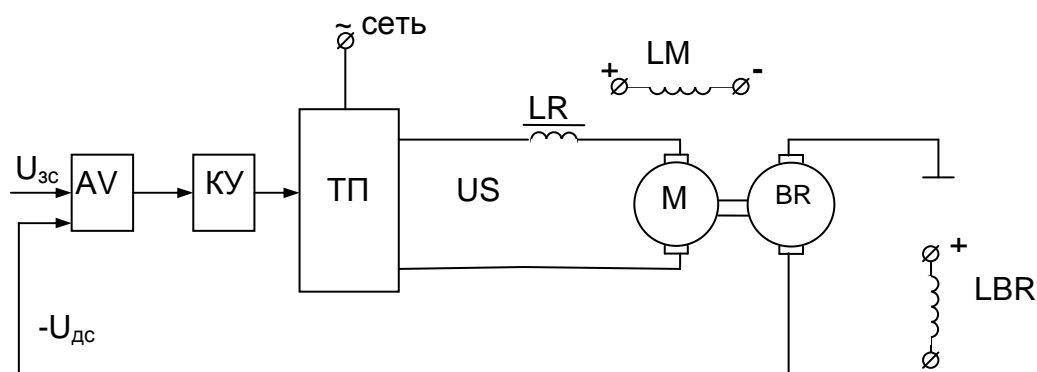


Рис. 1 – Функциональная схема системы стабилизации скорости

В пояснительной записке необходимо привести функциональную схему системы, указать применяемый принцип управления, назначение каждого

элемента системы и показатели, характеризующие систему стабилизации в установившемся и переходном режимах работы.

### **3. Выбор элементов функциональной схемы системы стабилизации и расчет их статических и динамических параметров**

#### **3.1. Тиристорный преобразователь**

Применение ТП в электроприводах постоянного тока позволяет повысить быстродействие привода, улучшить его энергетические и весовые показатели. В частности, к.п.д. тиристорного электропривода на 5-7% выше к.п.д. системы генератор-двигатель, диапазон регулирования скорости достигает  $D=1000$  и более, точность поддержания заданного значения скорости может быть доведена до  $S_x=0,2\%$ . Вместе с тем, ТП имеют повышенную чувствительность к перегрузкам, а пульсирующий характер выпрямленного тока увеличивает потери в двигателе и уменьшает его коммутационную способность.

В системе стабилизации скорости используются нереверсивный тиристорный преобразователь. Выбор номинального напряжения  $U_{тпн}$  и тока  $I_{тпн}$  преобразователя производится по номинальным значениям напряжения  $U_{дн}$  и тока  $I_{ян}$  двигателя. Технические данные ТП приведены в [3].

В пояснительной записке необходимо привести функциональную схему ТП и охарактеризовать назначение ее основных элементов.

По динамическим свойствам тиристорный преобразователь может быть представлен безинерционным звеном с передаточной функцией

$$W_{тп}(p) = k_{тп}, \quad (1)$$

где  $k_{тп}=U_{тпн}/U_y$  – коэффициент передачи тиристорного преобразователя.

Поскольку напряжение управления  $U_y$  на входе тиристорного преобразователя изменяется в пределах от 0 до 15 В, имеем

$$k_{тп}=U_{тпн}/15 \quad (2)$$



### 3.2. Сглаживающий реактор

В тиристорном электроприводе сглаживающие реакторы выполняют несколько функций: в частности, уменьшают зону прерывистых токов, сглаживают пульсации выпрямленного тока, ограничивают ток короткого замыкания.

Влияние пульсаций выпрямленного тока на коммутацию двигателей проявляется в сужении зоны темной коммутации по сравнению с питанием от генератора постоянного тока и в появлении искрения под щетками. Обеспечение удовлетворительной коммутации особенно важно для реверсивных электроприводов, работающих с частыми пусками, реверсами и торможениями. Для этого цепь выпрямленного тока должна иметь индуктивность  $L_{\partial}$ , значение которой определяется по формуле [3]:

$$L_{\partial} = \frac{U_{dm} 100}{\omega p \% I_{mnn}}, \quad (3)$$

где  $U_{dm}$  – амплитудное значение первой гармоники выпрямленного напряжения;  $U_{dm}=0,2 U_{mnn}$ ;  $\omega$ -круговая частота сети;  $p\%$  - допустимая амплитуда первой гармоники тока в процентах. Для электроприводов мощностью меньше 500кВт  $p=2\div 5\%$ ;  $I_{mnn}$  – номинальный выпрямленный ток преобразователя.

Зная величину  $L_{\partial}$ , можно определить величину индуктивности добавочного реактора LR.

$$L_{\partial p} = L_{\partial} - L_{я}, \quad (4)$$

где  $L_{я}$  – индуктивность якоря двигателя:

$$L_{я} = \kappa \frac{30 U_{\partial n}}{\pi I_{\partial n} n_p p} \quad (5)$$

Здесь  $\kappa=0,5-0,6$  для некомпенсированных машин;  $\kappa=0,1$  для компенсированных машин;  $U_{\partial n}$ ,  $I_{\partial n}$ ,  $n_p$  – номинальное напряжение, ток и скорость двигателя;  $p$  – число пар полюсов двигателя.

### 3.3. Датчик скорости

В качестве датчика скорости применяется тахогенератор постоянного тока типа ТД-102. Его выбор следует осуществлять по номинальной скорости вращения двигателя. Технические данные тахогенераторов приведены в [3].

Передающая функция датчика скорости может быть представлена безинерционным звеном

$$W_{\text{дс}}(p) = k_{\text{дс}} \quad (6)$$

Статические характеристики датчиков скорости линейны и однозначны. Поэтому величина коэффициента передачи тахогенератора  $k_{\text{дс}}$  определяется как отношение номинального напряжения тахогенератора  $U_{\text{дсн}}$  к номинальной скорости  $\omega_{\text{дсн}}$

$$k_{\text{дсн}} = \frac{U_{\text{дсн}}}{\omega_{\text{дсн}}} \quad (7)$$

### 3.4. Объект управления

Динамические характеристики электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения представлены элементарным звеном второго порядка с передаточной функцией [4]

$$W_{\text{д}}(p) = \frac{k_{\text{д}}}{T_{\text{м}} T_{\text{я}} p^2 + T_{\text{м}} p + 1}, \quad (8)$$

$k_{\text{д}} = 1/k\Phi_{\text{н}}$  – передаточный коэффициент двигателя;  $T_{\text{м}} = JR_{\text{яц}}/(k\Phi_{\text{н}})^2$  – электромеханическая постоянная времени;  $T_{\text{я}} = L_{\text{д}}/R_{\text{яц}}$  – электромагнитная постоянная времени.

Величина  $k_{\text{д}}$  может быть определена с помощью выражения

$$k\Phi_{\text{н}} = (U_{\text{дн}} - I_{\text{дн}} R_{\text{яц}}) / \omega_{\text{н}}, \quad (9)$$

где  $R_{\text{яц}} = R_{\text{я}} + R_{\text{ко}} + R_{\text{дн}}$  – активное сопротивление якорной цепи двигателя при температуре двигателя 75<sup>0</sup>С, включающее сопротивление обмотки якоря  $R_{\text{я}}$ ,

компенсационной обмотки  $R_{ко}$  и добавочных полюсов  $R_{дн}$ . Если величины  $R_я$ ,  $R_{ко}$  и  $R_{дн}$  приведены в каталоге для температуры  $25^0C$ , то пересчет осуществляется по формуле

$$R_{яц} = 1,2(R_я + R_{ко} + R_{дн}) \quad (10)$$

При расчете  $T_m$  величина приведенного момента инерции  $J$  определяется по формуле

$$J = k_{п} \cdot J_{д}, \quad (11)$$

где  $J_{д}$  – момент инерции двигателя;  $k_{п} = 1,2 \div 1,5$  – коэффициент, учитывающий момент инерции передач, соединительных муфт и тормозных шкивов привода.

Величина  $L_{\partial}$  при расчете  $T_я$  определяется по формуле (3).

В пояснительной записке необходимо определить корни  $p_1$ ,  $p_2$  характеристического уравнения  $T_m T_я p^2 + T_m p + 1 = 0$  и представить  $W_{\partial}(p)$  произведением двух апериодических звеньев с общим коэффициентом передачи  $k_{\partial}$  и постоянными времени  $T_{1\phi} = 1/p_1$ ,  $T_{2\phi} = 1/p_2$  или передаточной функцией колебательного звена

$$W_{\partial}(p) = \frac{k_{\partial}}{T_1^2 p^2 + 2\xi T_1 p + 1}, \quad (12)$$

где  $T_1 = \sqrt{T_я T_n}$  – постоянная времени колебательного звена;  $\xi = \frac{T_m}{2\sqrt{T_я T_m}}$  –

коэффициент демпфирования.

### 3.5 Регулятор скорости

Основным показателем работы системы стабилизации скорости в установившемся режиме служит точность поддержания постоянства заданного значения скорости при воздействии на систему различных возмущений и, в первую очередь, при изменении момента нагрузки  $M_c$ . Количественно точность системы определяется величиной статизма  $S_{хз}$  механической характеристики

системы при изменении  $M_c$  в заданных пределах

$$S_{xz} = \frac{(\omega_0 - \omega_{cz})}{\omega_0} = \frac{\Delta\omega_{cz}}{\omega_0} \quad (13)$$

где  $\omega_0$  – скорость идеального холостого хода;  $\omega_{cz}$  – статическая скорость в замкнутой системе.

В [4] показано, что при замыкании системы главной отрицательной обратной связью по скорости статизм статической характеристики уменьшается по сравнению с разомкнутой системой в  $1+\kappa$  раз, где  $\kappa = \kappa_{pc}\kappa_{mn}\kappa_{\delta}\kappa_{\delta c}$  – коэффициент усиления разомкнутой системы. Требуемый коэффициент усиления  $\kappa = \kappa_{треб}$ , обеспечивающий при заданном диапазоне регулирования скорости  $D$  необходимую величину статизма  $S_{xz}$  определяется по выражению

$$\kappa_{треб} = \frac{S_{xp}}{S_{xz}} D - 1, \quad (14)$$

где  $S_{xp} = \frac{\Delta\omega_p}{\omega_{0max}}$  – статизм скоростной характеристики в разомкнутой системе.

Здесь  $\Delta\omega_p = I_{\delta n} R_{яц} \kappa_{\delta}$  – статическое падение скорости в разомкнутой системе;  $\omega_{0max} = U_{\delta n} \kappa_{\delta}$ .

Таким образом, определив в соответствии с (14) величину  $\kappa_{треб}$ , можно определить величину коэффициента передачи регулятора скорости

$$\kappa_{pc} = \frac{\kappa_{треб}}{\kappa_{mn}\kappa_{\delta}\kappa_{\delta c}}. \quad (15)$$

### 3.6. Корректирующее устройство

В данном разделе курсовой работы необходимо осуществить синтез последовательного корректирующего устройства, т.е. по имеющейся структурной схеме системы определить передаточную функцию, выбрать принципиальную схему и рассчитать параметры КУ, включение которого в систему обеспечит получение приведенных в задании показателей качества: величину перерегулирования  $\sigma$  и время регулирования  $t_n$ .

Структурная схема исходной нескорректированной системы приведена на рис. 2. Она составлена по функциональной схеме, изображенной на рис. 1.

Каждому элементу функциональной схемы поставлена в соответствие передаточная функция одного или нескольких определенным образом включенных элементарных динамических звеньев. Объект управления представлен произведением двух апериодических звеньев.

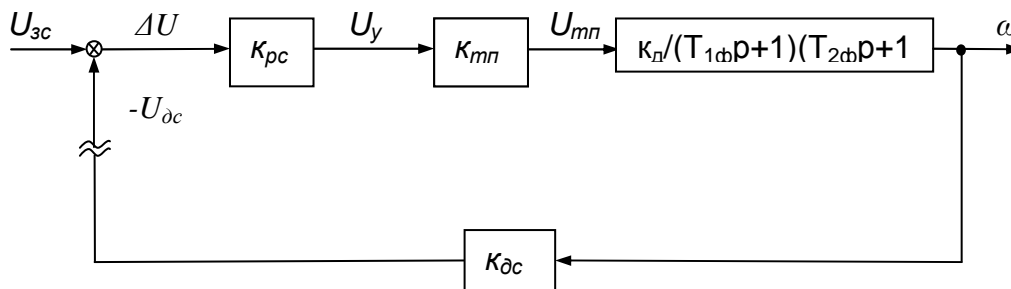


Рис. 2 – Структурная схема исходной системы

Синтез КУ осуществляется с помощью метода логарифмических амплитудно-частотных характеристик (ЛАХ). Идея метода основана на том, что по заданным показателям качества системы можно построить желаемую логарифмическую амплитудно-частотную характеристику  $L_{жс}(\omega)$ , т.е. ЛАХ такой системы, которая обеспечивает заданные показатели качества. При этом ЛАХ корректирующего устройства  $L_k(\omega)$  может быть получена в результате вычитания из ординат желаемой ЛАХ исходной системы  $L_{исх}(\omega)$

$$L_k(\omega) = L_{жс}(\omega) - L_{исх}(\omega) \quad (16)$$

Общий порядок синтеза КУ изложен в [1].

При построении ЛАХ используются полулогарифмическая сетка: по оси абсцисс откладывается не сама частота  $\omega$ , а ее десятичный логарифм. Поэтому единица приращения  $\lg \omega$  соответствует десятикратному увеличению частоты  $\omega$ , то есть одной декаде.

Построение ЛАХ исходной системы следует начинать с получения передаточной функции разомкнутой системы.

Рассмотрим построение  $L_{исх}(\omega)$  для случая, когда передаточная функция двигателя (8) может быть представлена в виде произведения передаточных

функций двух апериодических звеньев с общим коэффициентом передачи  $K_\partial$  и постоянными времени  $T_{1\phi}$  и  $T_{2\phi}$ . Тогда передаточная функция разомкнутой системы будет иметь вид (см. рис.2)

$$W_{раз}(p) = \frac{K_{pc} K_{mn} K_\partial K_{\partial c}}{(T_{1\phi} p + 1)(T_{2\phi} p + 1)}. \quad (17)$$

Допустим, что  $T_{1\phi} < T_{2\phi}$ . Определяем значения сопрягающих частот

$$\omega_1 = \frac{1}{T_{2\phi}}; \quad \omega_2 = \frac{1}{T_{1\phi}}.$$

Полученные значения откладываем на оси абсцисс, и проводим через точки  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ ,  $\omega_3$  вертикальные линии (рис.3). На оси ординат откладываем значение  $20 \lg k_{\text{треб}}$  и из этой точки проводим ЛАХ параллельно оси абсцисс до первой сопрягающей частоты  $\omega_1$ . Начиная со значения  $\omega_1$  и далее начинает сказываться высокочастотная асимптота апериодического звена с постоянной времени  $T_{2\phi}$ . Поэтому наклон ЛАХ на участке от  $\omega_1$  до  $\omega_2$  равен - 20дБ/дек. Начиная с частоты  $\omega_2$  наклон возрастает еще на -20дБ/дек, так как начинает сказываться высокочастотная асимптота апериодического звена с постоянной времени  $T_{1\phi}$ . Если передаточная функция двигателя представлена колебательным звеном, то построение  $L_{исх}(\omega)$  осуществляется аналогично. Отличие состоит лишь в том, что при частоте сопряжения колебательного звена  $\omega_k = 1/T_1$  наклон увеличивается сразу на - 40дБ/дек.

Желаемая ЛАХ состоит из трех основных участков. Низкочастотный участок  $L_{жс}(\omega)$  выбирают, исходя из требований к точности регулирования в установившемся режиме. У статических систем наклон низкочастотного участка  $L_{жс}(\omega)$  равен 0дБ/дек. Разрабатываемая система относится к статическим, поэтому низкочастотный участок  $L_{жс}(\omega)$  совпадает с  $L_{исх}(\omega)$ .

Высокочастотная часть  $L_{жс}(\omega)$ , расположенная на частотах  $\omega > (5 \div 10)\omega_c$ , где  $\omega_c$  – частота среза системы, не оказывает существенного влияния на качество переходного процесса. Поэтому ее принимают совпадающей с  $L_{исх}(\omega)$ .

Среднечастотный участок  $L_{жс}(\omega)$  является наиболее существенным, так как он и определяет устойчивость и показатели качества переходного процесса. Его

построение производится в соответствии с заданными величинами перерегулирования  $\sigma$  и времента регулирования  $t_{\pi}$ .

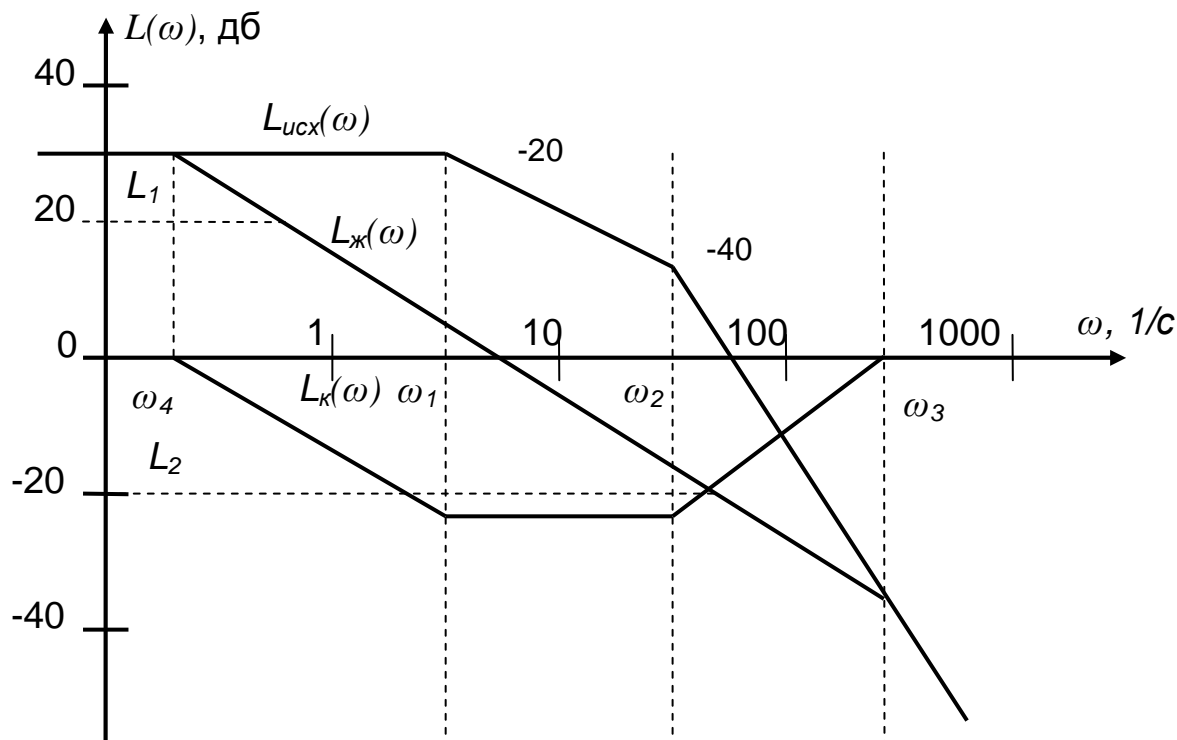


Рис. 3 – Синтез последовательного корректирующего устройства

По кривой  $\sigma_{max}=f(P_{max})$ , приведенной на рис.4, для заданного значения  $\sigma$  определяем величину  $P_{max}$ . Затем по найденному значению  $P_{max}$  с помощью кривой  $t_{n \ max}=\psi(P_{max})$  определяем величину  $t_{n \ max}=k\pi/\omega_n$ , и, зная заданное значение  $t_n$ , находим частоту положительности

$$\omega_n = \frac{k\pi}{t_n}. \quad (19)$$

Далее определяем частоту среза системы  $\omega_c=(0,6 \div 0,9) \omega_n$ .

На оси абсцисс (см. рис.3) через точку, соответствующую частоте  $\omega_c$ , проводим прямую с наклоном -20дБ/дек. По кривой  $L=f(\sigma_{max})$ , приведенной на рис.5, определяем запас устойчивости по амплитуде  $L_1$  для положительных значений  $L_{zh}(\omega)$ . Аналогичная величина  $L_2$  для отрицательных значений  $L_{zh}(\omega)$  равна  $-L_1$ . Значения  $L_1$  и  $L_2$  откладываем на оси ординат, и на уровне этих значений параллельно оси абсцисс проводим линии до точек их пересечения с

прямой, проведенной через  $\omega_c$ . Участок этой прямой, лежащий между точками пересечения, и будет среднечастотным участком  $L_{жс}(\omega)$ .

Сопряжение среднечастотного участка  $L_{жс}(\omega)$  с низко- и высокочастотными участками  $L_{исх}(\omega)$  желательно производить одним отрезком и стремиться к тому, чтобы разность наклонов  $L_{исх}(\omega)$  и  $L_{жс}(\omega)$  не превышала 20дб/дек. В этом случае корректирующее звено будет наиболее простым.

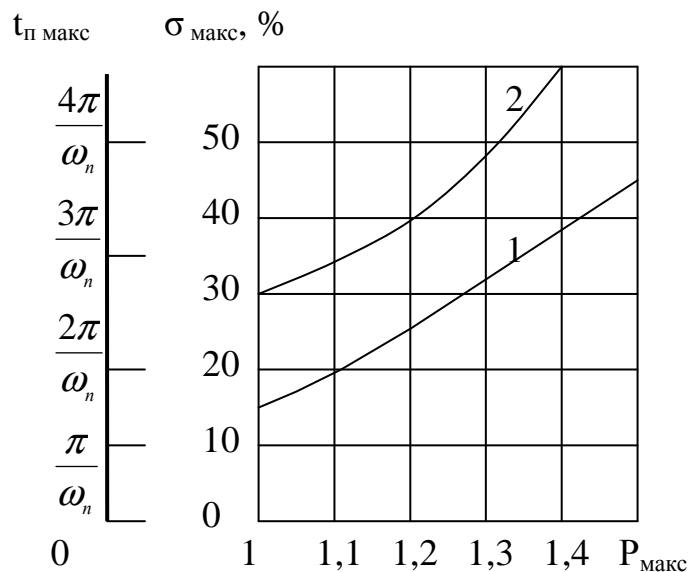


Рис. 4 – 1 – зависимость  $\sigma_{\text{макс}} = f(P_{\text{макс}})$   
2 - зависимость  $t_{\pi \text{ макс}} = \psi(P_{\text{макс}})$

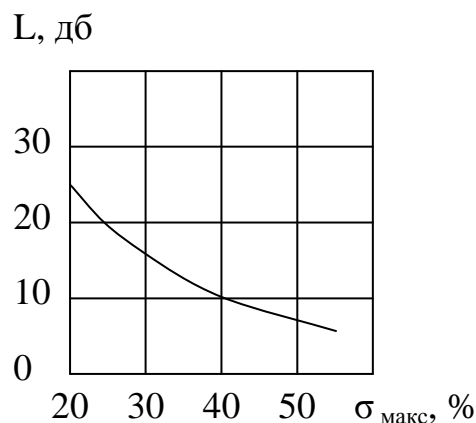


Рис. 5 – Зависимость  $L = f(\sigma_{\text{макс}})$



Как указывалось ранее, ЛАХ корректирующего устройства  $L_k(\omega)$  получается в результате вычитания из ординат  $L_{жс}(\omega)$  ординаты  $L_{исх}(\omega)$ . По виду  $L_k(\omega)$ , пользуясь приведенными в [1] данными, определяем принципиальную схему КУ, его передаточную функцию. Определив частоты сопряжения  $L_k(\omega)$ , находим величины постоянных времени передаточной функции, а затем рассчитываем параметры элементов принципиальной схемы КУ.

#### **4. Определение показателей качества системы стабилизации скорости**

Показатели качества системы могут быть определены по ее переходной характеристике  $h(t)$ , которая представляет собой реакцию системы на единичное ступенчатое изменение сигнала на входе.

Наиболее рациональным методом нахождения  $h(t)$  является использование компьютерного моделирования на основе существующих прикладных пакетов, которые позволяют осуществлять численное моделирование систем и процессов управления в них на достаточно высоком уровне с использованием широкого спектра средств визуального представления результатов. Наиболее приспособленным для решения конкретных инженерных задач в области электромеханики является пакет MATLAB с широко развитыми дополнениями (TOOLBOXES), из которых TOOLBOXES SIMULINK наиболее приспособлен для анализа электромеханических систем [6].

Объект управления, передаточная функция которого представлена элементарным динамическим звеном второго порядка (8) моделирует блок (Transfer Fcn1).

Тиристорный преобразователь с передаточной функцией безинерционного звена моделирует блок (Gain1).

Корректирующее устройство моделируют несколько последовательно включенных блоков (Transfer Fcn), количество которых зависит от вида передаточной функции КУ.

Регулятор скорости моделирует блок (PID) – пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор, входящий в состав дополнительной библиотеки Simulink Extras. Исследуемая система является статической, так как статизм механических характеристик в ней  $S_{xz} > 0$ . Поэтому используется только пропорциональная часть регулятора. Коэффициенты передачи интегральной и дифференциальной частей в окне настройки PID-регулятора принимаются равными нулю.

Обратную связь по скорости моделирует блок (Gain2).

Узел суммирования на входе регулятора скорости моделирует блок (Sum). Для визуального представления результатов моделирования используется блок (Scope).

Необходимо по переходной характеристике определить величины перерегулирования и времени регулирования и сравнить их с заданными значениями. Полученные результаты проанализировать и сделать выводы о возможном изменении структуры и параметров регулятора скорости и корректирующего устройства.

# НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки  
до курсової роботи  
з дисципліни

## **«ЕЛЕМЕНТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ»**

*(для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання  
за напрямом підготовки 6.050702 «Електромеханіка»  
спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації і електропривод»)*

(Рос. мовою)

Укладач **ФАТЕЄВ Віктор Миколайович**

Редактор *З. М. Москаленко*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

---

План 2010, поз. 203 М

Підп. до друку 12.05.2011  
Друк на ризографі.  
Зам. №

Формат 60x84/16  
Ум. друк. арк. 1,0  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4064 від 12. 05. 2011 р.